


Offenlegungsschrift
DE 195 29 764 A1

⑯ Int. Cl. 8:

A 63 B 22/06

A 63 B 23/00

A 63 B 24/00

DE 195 29 764 A1

- ⑯ Aktenzeichen: 195 29 764.4
 ⑯ Anmeldetag: 12. 8. 95
 ⑯ Offenlegungstag: 13. 2. 97

⑯ Anmelder:
 Reck, Anton, 88422 Betzenweiler, DE

⑯ Vertreter:
 Eisèle, Dr. Otten & Dr. Roth, 88214 Ravensburg

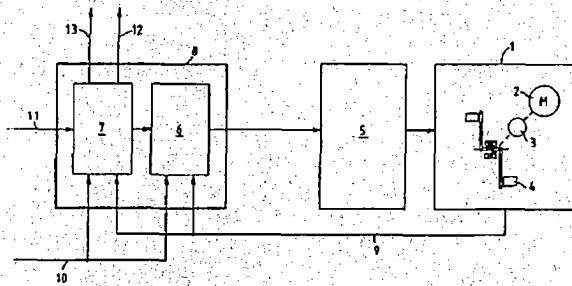
⑯ Erfinder:
 Reck, Martin, 88422 Betzenweiler, DE

⑯ Entgegenhaltungen:
 DE 41 18 082 C1
 DE 44 15 256 A1
 DE 41 07 323 A1
 US 52 58 115
 US 49 41 652

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Bewegungstrainingsgerät mit einer Kurbel

⑯ Bewegungstrainingsgerät mit einer Kurbel, an der mit Hilfe von Pedalen (4) oder dergleichen die Füße oder Arme einer trainierenden Person angeschlossen werden können, und mit einem Elektromotor (2), der die Kurbel antreiben oder bremsen kann. Es sind ferner Einrichtungen zur Drehzahlregelung, zur Drehmomentbegrenzung und zur Programmsteuerung vorgesehen. Um eine flexible Gestaltung des Trainingsablaufs zu ermöglichen, ist ein Rechner (8) vorgesehen, der die Winkelstellung sowie Drehzahl und das Drehmoment mit ihren jeweiligen Richtungen in einer digitalen und somit frei verwertbaren Form erfaßt, so daß diese Ist-Kenngrößen und weitere extern aufgenommene Kenngrößen zur digitalen Regelung (6) und Steuerung (7) der Kurbelbewegung und zum Ansteuern von oder zur Weitergabe an Peripheriegeräte zur Verfügung stehen. Zur Erfassung der Winkelposition, der Drehrichtung und der Drehgeschwindigkeit ist ein an dem Kurbeltrieb angekoppelter Inkrementalgeber (3) vorgesehen.



DE 195 29 764 A1

Die Erfindung betrifft ein Bewegungstrainingsgerät nach dem Gattungsbegriff des Patentanspruchs 1.

Bekannte, auf dem Markt angebotene Bewegungs- trainingsgeräte dieser Art sind sowohl für gesunde Menschen, insbesondere Leistungssportler, als auch für kranke Menschen vorgesehen, deren Extremitäten gelähmt oder teilweise gelähmt sind. Der verwendete Elektromotor kann sowohl bremsen als auch antreiben. Beim aktiven Training steht die Bremswirkung im Vordergrund, beim passiven Training eher die Antriebswirkung. Jedoch haben in der therapeutischen Behandlung Trainingsmischformen eine ganz besondere Bedeutung, wenn es darum geht, noch vorhandene schwache Muskelkräfte zu mobilisieren und zu unterstützen.

Bei den bekannten Bewegungstrainingsgeräten kann zwar eine Drehzahl vorgewählt oder zeitlich programmiert und es kann auch ein oberer Grenzwert des Drehmoments eingestellt werden, das der Elektromotor ausübt oder durch die aktiven Antriebskräfte der trainierenden Person erfährt. Es gibt aber bei der passiven und der Mischgymnastik Konstellationen, bei denen an bestimmten Winkelpositionen der Kurbel durch eine Änderung des Verhaltens des Elektromotors in den Bewegungsablauf eingegriffen werden müßte, um einen noch besseren Trainingserfolg zu erreichen und Schaden zu verhindern.

Der Erfundung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, den Anwendungsbereich eines Bewegungstrainingsgeräts der einleitend bezeichneten Art zu erweitern und mehr und flexiblere Möglichkeiten für die Diagnose und die Gestaltung des Trainingsablaufs zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Damit wird der Einsatz eines frei programmierbaren Rechners vorgeschlagen, der auf die momentanen Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung zurückgreifen kann, und zwar insbesondere auch auf die Winkelposition und den Motorstrom bzw. das dazu proportionale Drehmoment. Diese Kenngrößen werden nicht einfach analog erfaßt, sondern als digitale Größen in einer unmittelbar weiterverwertbaren Form zur Verfügung gestellt. Die Steuer- und Regelfunktion ist ebenfalls im Rechner realisiert und kann auf den genannten Kenngrößen aufbauen. Somit ist es möglich,

- innerhalb einer Kreisbewegung frei programmierbar jedes Bewegungsmuster durchzuführen, und zwar als reine aktive Gymnastik, reine passive Gymnastik oder als Mischung zwischen aktiver und passiver Gymnastik. Bei der Mischgymnastik wird je nach Bedarf unterhalb bestimmter Grenzwerte zwischen Antriebs- und Bremsmoment gewechselt. Die Umschaltung kann augenblicklich erfolgen,
- aus den Kenngrößen der Kurbelbewegung beim passiven Training auf den physischen Zustand des betreffenden Patienten (seine "Leichtgängigkeit") zu schließen,
- während des Trainings die Soll-Kenngrößen in Abhängigkeit von den Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung zu ändern, insbesondere selbsttätig, und
- externe Geräte direkt anzusteuern, z. B. ein Gerät zur funktionellen Muskelstimulation.

Mit diesem Bewegungstrainingsgerät kann somit ganz speziellen therapeutischen Bedürfnissen entsprochen und der Trainingserfolg weiter verbessert werden.

Wird angekoppelte Inkrementalgeber. Ein zugehöriger Schaltkreis addiert die einzelnen Impulse und setzt nach

5 Vollendung eines Umlaufs durch ein Referenzsignal den Positionszähler zurück. Bei entgegengesetzter Drehrichtung werden die Impulse subtrahiert. Ferner errechnet der Schaltkreis aus der zeitlichen Abfolge der Impulse die momentane Drehzahl. Aus dem Motorstrom wird das dazu proportionale Drehmoment errechnet. Beide Kenngrößen sind gerichtete Größen, so daß sich aus dem Vorzeichen der Drehzahl die Drehrichtung und aus dem Vorzeichen des Drehmoments die Information ergibt, ob es sich, bezogen auf die Drehrichtung, um ein
10 15 Antriebs- oder um ein Bremsmoment handelt. Abgesehen von ihrer Verwendung zur Regelung und Steuerung der Kurbelbewegung können diese verfügbaren Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung angezeigt oder gespeichert oder auch zur Ansteuerung externer Geräte weitergeleitet werden. Bei Speicherung auf einem leicht transportablen Medium (Memorycard, Diskette) können die gespeicherten Bewegungsabläufe extern zur Schaffung weiterer Trainingsprogramme dienen.

20 25 Der Aufbau der im Rechner enthaltenen Regeleinrichtung sieht drei kaskadierte Regler vor, wobei einem Winkelpositionsregler ein Drehzahlregler und diesem ein Drehmomentregler unterlagert ist. Diese Regler werden vom Rechner digital abgearbeitet und sind so mit auch während der Laufzeit des Programms flexibel veränderlich. Durch integrierte Begrenzer können obere Grenzwerte für das Antriebsmoment einerseits und für das Bremsmoment andererseits getrennt voneinander eingestellt werden.

30 35 Außerdem kann während der Positionsregelung ein oberer Grenzwert für die maximale Drehzahl festgelegt werden.

Der Rechner ist vorzugsweise als Mikrocontroller realisiert. Die Steuerung kann ein fest vorgegebenes 40 zeitliches oder ein von den Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung oder extern ermittelten Kenngrößen abhängiges Bewegungsprogramm ablaufen lassen.

Zur Vermeidung von Verletzungen beim passiven 45 Training ist es wichtig, daß beim Auftreten eines Spasms, d. h. einer Muskelverkrampfung, das maximale Antriebsdrehmoment nicht überschritten wird. Bei bekannten Bewegungstrainingsgeräten führt das Erreichen eines fest eingestellten Drehmoment-Grenzwerts zur Abschaltung des Geräts, d. h. zum völligen Freilauf der Kurbel, oder zu einer Gegenbewegung zum Lösen des Spasms. In Weiterbildung der Erfindung wird demgegenüber vorgeschlagen, daß der Grenzwert des Antriebsdrehmoments dem vom Patienten benötigten mittleren Antriebsdrehmoment selbsttätig so nachgeführt wird, daß er stets um einen bestimmten Prozentsatz größer als dieses ist. Unter dem vom Patienten benötigten mittleren Antriebsdrehmoment wird praktisch die obere Umhüllende der Drehmomentkurve verstanden. Somit bleibt die Empfindlichkeit für das Erkennen eines Spasms immer gleich, auch wenn z. B. bei verbesserter Bewegungsfähigkeit des Patienten im Verlauf des Trainings das benötigte mittlere Antriebsdrehmoment sinkt.

50 55 60 65 Statt an der Höhe des Antriebsdrehmoments läßt sich ein Spasmus auch an der Anstiegsgeschwindigkeit desselben erkennen. Es steigt nämlich ungewöhnlich steil an. Demgemäß wird alternativ vorgeschlagen, einen Grenzwert der ersten Ableitung des Drehmoments zur

Spasmuserkennung heranzuziehen.

Das durchschnittlich benötigte Antriebsdrehmoment ist ein wichtiges technisch faßbares Maß für die Bewegungsfähigkeit der Extremitäten eines gelähmten Patienten. Gewöhnlich verbessert sich die Bewegungsfähigkeit im Verlaufe eines Trainings, so daß es wünschenswert sein kann, die Drehzahl der besseren Bewegungsfähigkeit anzupassen. Es wird deshalb vorgeschlagen, daß der Rechner die Soll-Drehzahl in einer Abhängigkeit vom Antriebsdrehmoment selbsttätig bestimmt.

Es wurde schon erwähnt, daß es aus unterschiedlichen Beweggründen sinnvoll ist, die Kenngrößen der Kurbelbewegungen zu speichern. Eine weitere diesbezügliche Variante besteht vorteilhafterweise darin, daß ein Lernspeicher für diese Kenngrößen vorgesehen ist, der durch einen Eingabemode aktiviert werden kann und dann einen am Gerät ausgeführten Bewegungsablauf speichert, den das Gerät auf Befehl wiederholen kann. Z.B. kann ein Therapeut einen bestimmten Modell-Bewegungsablauf dadurch einspeichern, daß er diesen Bewegungsablauf an der Kurbel ausführt, indem er selbst die Pedale bewegt oder mittels einer von Hand betätigten Fernbedienung vom Motor bewegen läßt.

Schließlich wird vorgeschlagen, daß an dem Bewegungstrainingsgerät eine Anschlußmöglichkeit für ein Muskelstimulationsgerät vorgesehen ist, wobei die einzelnen Stimulationskanäle, die an den betreffenden Muskelgruppen durch Elektroden angeschlossen sind, in Abhängigkeit von einer oder mehreren Kenngrößen der Kurbelbewegung angesteuert werden. Dadurch können die durch Stimulation unterstützten Antriebsbewegungen des Patienten durch selbsttägliches Abbremsen und/oder Antreiben der Kurbel einer gleichförmigen Drehbewegung angenähert werden.

Auch während der Muskelstimulation können Spasmen auftreten. Es wird daher vorgeschlagen, daß im Rechner Vorkehrungen getroffen sind, um in diesem Fall die Stimulationsimpulse sofort zu unterbrechen und weitere zu verhindern.

Bei der funktionellen Elektrostimulation der Muskeln mit der Absicht, eine möglichst gleichförmige Kurbeldrehbewegung zu erzielen, müssen verschiedene Parameter optimal ausgewählt werden. Es geht dabei um die richtige Winkelstellung der Kurbel, bei der der Stimulationsimpuls ausgelöst wird, um die zeitliche Länge der Stimulation bzw. den zu durchlaufenden Winkel, um die Form des Stimulationsstromes, der gewöhnlich ein moduliertes Signal ist, und um die Intensität, d.h. die Stromstärke. Es wird vorgeschlagen, eine besondere Testanordnung vorzusehen, mit der die Stimulationsergebnisse, die in Form von Kurbel-Winkeldrehungen zustande kommen, in Abhängigkeit von Veränderungen der einzelnen Stimulationsparametern genau vermessen und verglichen werden können, um diese automatisch zu optimieren. Winkeldrehung bedeutet hierbei das ganze Phänomen, also auch das dabei aufgetretene und registrierte Drehmoment.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der einzigen Zeichnung erläutert, die ein Blockschaltbild eines Bewegungstrainingsgerätes darstellt.

Die elektromechanische Ausrüstung 1 dieses Gerätes umfaßt zunächst eine Kurbel, die von einer permanent magnetisch erregten Gleichstrommaschine, kurz Motor 2, angetrieben wird. Außerdem ist an dem Motor ein Inkrementalgeber 3 fest angekuppelt, der auf dem Vollwinkel 2.000 Positionen unterscheidet. Bei einer Antriebsuntersetzung von 20 : 1 ergibt das 40.000 erfassbare

re Winkelpositionen bei einer Kurbelumdrehung. An den Pedalen 4 der Kurbel oder anderen Anschlußorganen können die Extremitäten einer trainierenden Person angreifen.

Der Motor 2 wird von einer Vier-Quadranten-Leistungs-Elektronik 5 gespeist. Sie erhält ihre Signale von einer Regelung 6 und einer Steuerung 7, die in einem Rechner 8 integriert sind. Die Ausgangswerte der in dem Kasten 1 zusammengefaßten elektromechanischen Ausrüstung und Sensorik, d.h. der Motorstrom und die Signale des Inkrementalgebers 3, gelangen über eine Leitung 9 an die Regelung 6 und Steuerung 7 des Rechners. Daraus werden die sogenannten Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung, nämlich Winkelposition sowie Drehzahl und Drehmoment als gerichtete Größen, gewonnen. Andererseits werden der Regelung 6 und der Steuerung 7 über Leitungen 10 weitere Kennwerte zugeführt, die an externen Sensoren gewonnen wurden. Ein Beispiel hierfür sind die Winkelwerte eines am Knie eines Patienten angebrachten Winkelstellungsgebers. Hierauf wird unten noch eingegangen. Über einen Eingang 11 werden der Steuerung die von Hand einzubringenden Signale zugeführt, z.B. eine Geschwindigkeiteinstellung, Ein- und Ausschaltimpulse usw. Ein Informationsausgang 12 erlaubt es, beliebige Kenngrößen anzuzeigen, insbesondere der trainierenden Person selbst, oder extern zu speichern. Schließlich ist noch ein Ausgang 13 vorgesehen, um Peripheriegeräte, z.B. ein Muskelstimulationsgerät anzusteuern.

Im folgenden werden einige ausgewählte Funktionen beispielhaft erläutert, die mit dem beschriebenen Bewegungstrainingsgerät, durchgeführt werden können. Daraus ergeben sich weitere Vorteile und überraschende Wirkungen der Erfindung.

Ein/Ausstiegshilfe

Um Querschnittsgelähmten das Einlegen und Befestigen der Beine in die Pedale des Bewegungstrainers und andererseits den Ausstieg zu erleichtern, werden die Pedale bei geringer Drehzahl in die für den Patienten günstigen Positionen (z.B. linker Fuß in Tiefstellung, anschließend rechter Fuß in Tiefstellung) gebracht und dort mit maximalem Drehmoment positioniert.

Spezielle orthopädische Rehabilitation

Nach orthopädischen Operationen ist es meist notwendig, das betreffende Gelenk, wie z.B. das Kniegelenk, gezielt passiv und aktiv zu bewegen. Dazu wird der Fuß des betreffenden Beines am Pedal des Bewegungstrainingsgerätes angeschlossen.

Kommt es darauf an, einen bestimmten Winkelbereich der Kniebewegung einzuhalten, so kann z.B. die Kurbel in einem bestimmten Winkelbereich hin und her bewegt werden, der dem gewünschten Winkelbereich der Kniebewegung entspricht. Damit die durchgeföhrte Bewegung des Knies dem vorgegebenen Bewegungsausmaß entspricht, kann am Kniegelenk des Patienten ein Winkelsensor angebracht und mit dieser Informationsquelle die Bewegung des Kniegelenks geregelt durchgeführt werden. Die Bewegung kann auch mit einer bestimmten oberen Grenze für das Antriebs- oder Bremsmoment vollzogen werden. Sollte der Patient zu nahe am Gerät sitzen, so fordert ihn das Gerät über eine Ausgabeinheit auf, sich ein wenig vom Gerät zu entfernen.

Kommt es — möglicherweise zusätzlich — auf einen

kanntlich hat eine gleichförmig Kurbelgeschwindigkeit eine ungleichförmige Geschwindigkeit an den genannten Gelenken zur Folge. Durch eine Variation der Kurbelgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Position innerhalb des Winkelbereichs läßt es sich jedoch erreichen, daß die Winkelgeschwindigkeit entweder der Knie- oder der Hüftgelenke während der Tretbewegung über einen großen Winkelbereich annähernd konstant bleibt.

Lösen eines Spasmus

Ist ein Spasmus z. B. durch Erreichen der Obergrenze des Antriebsdrehmoments erkannt, so kann er mit Hilfe einer Wipp-Bewegung gelöst werden. Dabei beginnt die Wipp-Bewegung mit einem kleinen Winkelaußenschlag, der so lange vergrößert wird, bis die Wipp-Bewegung wieder in eine Dreh-Bewegung übergeht. Beispielsweise kann der Therapeut dieses oder ein anderes Bewegungsmuster dem Bewegungstrainingsgerät durch einmalige Ausübung "lehren", so daß es dann im Bedarfsfall von selbst abläuft.

Getrennte Einstellung der Drehmoment-Obergrenzen im Antriebs- und Bremsbetrieb

Der Bedarf für eine solche getrennte Einstellmöglichkeit besteht z. B. in den beiden folgenden Trainingssituationen.

Ein Patient mit sehr geringen Muskelkräften möchte, soweit es geht, die Kurbel aktiv gegen einen fühlbaren Widerstand treten. An den Totpunkten der Kurbel benötigt er die Unterstützung des Elektromotors. Diese Konstellation verlangt, daß ein kleines Bremsmoment eingestellt wird, um ein Erfolgserlebnis aufkommen zu lassen. Andererseits bedarf es eines großen Antriebsmoments, damit der Motor an den Totpunkten der Kurbel eine kräftige Unterstützung gibt.

Ein anderer Patient macht nur passives Training. Sein Knochengerüst ist nur schwach belastbar. Er darf aus Sicherheitsgründen nur mit einem sehr kleinen Antriebsmoment angetrieben werden. Um jedoch eine runde Tretbewegung zu realisieren, muß der Motor an bestimmten Winkelpositionen der Kurbel stark bremsen. Unter der Voraussetzung, daß kein Getriebe und somit nur eine geringe Schwungmasse vorhanden ist, vielmehr ein Riementrieb den Motor und die Kurbel direkt verbindet, würden die Beine von ihrer höchsten Stellung nach unten "durchfallen". Um das zu vermeiden, muß ein verhältnismäßig großes Bremsmoment vorgegeben werden können.

Aufwärmübung, Trainingsvorschlag

Vor jedem Training am Bewegungstrainingsgerät sollte eine kleine Aufwärmphase durchgeführt werden. Dabei kann der physische Zustand des Patienten ("Leichtgängigkeit") über die Kenngrößen der Kurbelbewegung erfaßt und automatisch berücksichtigt werden. Danach kann der Rechner einen Trainingsvorschlag machen (Drehzahl, Dauer usw.), der nach den Ergebnissen des Aufwärmtrainings nach Erfahrungswerten errechnet ist.

Das maximale Antriebsmoment, das zum Erkennen eines Spasms dient, wird laufend automatisch derart verändert, daß es um einen gewissen Prozentsatz über dem für die Bewegung der Extremitäten des Patienten benötigten Antriebsmoment liegt. Dieser automatisch nachgeführte Antriebsmoment-Grenzwert kann nur rampenförmig ansteigen und fallen und das hat den Vorteil, daß das Antriebsmoment auch bei starkem Abbremsen, beispielsweise durch einen Spasmus, nie sprunghaft ansteigen kann. Es ist also immer ein "Sanft-Anlauf" gewährleistet. Durch die enge Bindung des maximalen Antriebsmoments an das aktuelle Antriebsmoment bleibt die Ansprechempfindlichkeit der Antispasiksteuerung während des ganzen Trainings konstant.

Automatische Anpassung der Drehzahl

Bei den meisten Patienten verändert sich der physische Zustand während des Trainings. Da die Drehzahl ein wichtiges Kriterium für das Ausmaß und die Anstrengung einer Übung ist, kann der Sollwert der Drehzahl in Abhängigkeit von der "Leichtgängigkeit" des Patienten automatisch nachgeführt werden. Diese Nachführung erfolgt in Abhängigkeit vom aufgewandten Antriebsdrehmoment.

Interaktive Trainingsprogramme

Der Patient kann das Training durch sein Verhalten beeinflussen. Das hat den Vorteil, daß die geistige und physische Passivität des Patienten während des Trainings verringert wird. Es kann vorgesehen werden, daß sich die Drehzahl in gewissen Grenzen erhöht, je "leichtgängiger" der Patient wird. Mit abnehmendem Aktivanteil kann die Drehzahl selbsttätig herabgesetzt werden. Auch kann ein Drehrichtungswechsel für den Fall vorgesehen werden, daß die Aktivgymnastik noch weiter abnimmt.

Aktivierung eines externen Meßgeräts

Bei einer bestimmten Konstellation der Kenngrößen der Kurbelbewegung, die auf eine bestimmte physische Situation schließen läßt, wird ein externes Meßgerät aktiviert, um eine Messung vorzunehmen.

"Teach in"-Verfahren

Der Therapeut kann einem Bewegungstrainingsgerät ein beliebiges Bewegungsmuster lehren, indem er einen bestimmten Eingabemode wählt, und das gewünschte Bewegungsmuster an den Pedalen bzw. über die Fernbedienung vollzieht. Das Gerät nimmt das ausgeführte Bewegungsmuster auf und speichert dieses ab. Danach kann es das gelernte Bewegungsmuster wiedergeben.

Funktionelle Elektrostimulation in Abhängigkeit von den Kenngrößen der Kurbelbewegung

Ein praktischer Fall ist die Elektrostimulation der Beuge und der Streckmuskeln an beiden Beinen (vier Stimulationskanäle), wobei die Parameter der verschiedenen Stimulationskanäle in Abhängigkeit von den Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung gewählt werden. Durch eine wenig differenzierte Ansteuerung der Mus-

keln entstehen meist ungleichförmige, stockende Bewegungen, während ein Rundlauf der Kurbel erwünscht ist und von dem Patienten angenehm empfunden wird. Die frei programmierbaren Regelanordnung erlaubt es, eine kontinuierliche Tretbewegung herbeizuführen durch abwechselnde Beschleunigung und Abbremsung der Bewegung an den entsprechenden Winkelabschnitten. Dazu wird vorteilhafterweise kein Schwungrad benötigt, das bei auftretenden Spasmen zu Verletzungen führen könnte.

Automatische Optimierung der Stimulationsparameter

Die Stimulationstherapie wird mit einer erfahrungs-
gemäßen mittleren Voreinstellung begonnen. Bei dem
anschließenden Optimierungsverfahren werden die Stimulationsparameter (z. B. Einschaltzeit und -winkel, Form der Stromkurve, Intensität) mit Hilfe der Rückkopplung der Kenngrößen automatisch optimal eingestellt. Dies kann nacheinander für jede einzelne Muskelgruppe geschehen.

Patentansprüche

1. Bewegungstrainingsgerät mit einer Kurbel, an deren Kurbelarmen Pedale oder dergleichen zur Verbindung mit den Füßen oder Armen einer trainierenden Person vorgesehen sind, und ferner umfassend einen Elektromotor, der mit der Kurbel getrieblich verbunden ist, eine Vier-Quadranten-Leistungs-Elektronik zur Bestromung des Motors, welche es ermöglicht, diesen zum Antrieben und zum Bremsen der Kurbel in beiden Drehrichtungen zu verwenden, eine Einrichtung zur Drehzahlregelung, eine Einrichtung zur Drehmomentbegrenzung und eine Programmsteuereinrichtung, die es ermöglicht, ein zeitliches Trainingsprogramm vorzugeben und ablaufen zu lassen, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rechner (8) vorgesehen ist, der die Winkelstellung sowie die Drehzahl und das Drehmoment mit ihren jeweiligen Richtungen als momentane Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung in einer digitalen und somit frei verwertbaren Form erfaßt, so daß diese Ist-Kenngrößen und weitere extern aufgenommene Kenngrößen zur digitalen Regelung (6) und Steuerung (7) der Kurbelbewegung und zum Ansteuern von oder zur Weitergabe an Peripheriegeräte zur Verfügung stehen.
2. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung der Winkelposition, der Drehrichtung und der Drehgeschwindigkeit der Kurbel ein am Kurbelantrieb angekoppelter Inkrementalgeber (3) vorgesehen ist.
3. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (6) des Rechners (8) drei kaskadierte Regler umfaßt, wobei einem Winkelpositionsregler ein Drehzahlregler und diesem ein Drehmomentregler unterlagert ist.
4. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß obere Grenzwerte des Antriebsmoments einerseits und des Bremsmoments andererseits getrennt voneinander einstellbar sind.
5. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 3, da-

durch gekennzeichnet, daß zum Zwecke der Positionsregelung ein oberer Grenzwert der Drehzahl einstellbar ist.

6. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Rechner (8) ein Bewegungsprogramm in Abhängigkeit von der Zeit oder von den verfügbaren Kenngrößen ablaufen lassen kann.
7. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß es jedes gewünschte Bewegungsmuster in Abhängigkeit von der Winkelposition der Kurbel ausführen kann.
8. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß beim Erkennen eines Spasms die Kurbel beginnend mit einer Gegenbewegung in eine sanft hin und her gehende Schwenkbewegung mit zunehmendem Winkelabschlag versetzt wird, die schließlich wieder in eine Umlaufbewegung in einer Richtung übergeht.
9. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Rechner (8) die digital zur Verfügung stehenden Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung auswertet, um daraus Rückschlüsse auf den Zustand des Patienten zu ziehen, diesen Zustand durch signifikante Kennwerte anzuzeigen oder auf den Trainingsablauf entsprechend einzuwirken.
10. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Rechner bei einem passiven Training zum Zweck der Erkennung eines Spasms den oberen Grenzwert des Antriebsdrehmoments im Rahmen eines nach Sicherheitsgesichtspunkten festgelegten Maximalgrenzwerts der oberen Umhüllenden des Antriebsdrehmoments selbsttätig so nachführt, daß der obere Grenzwert stets um einen bestimmten Prozentsatz größer als die Umhüllende ist.
11. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Rechner bei einem passiven Training zum Zweck der Erkennung eines Spasms die Anstiegsgeschwindigkeit des Antriebsdrehmoments errechnet und auswertet.
12. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Rechner (8) die Soll-drehzahl in einer Abhängigkeit vom Antriebsdrehmoment selbsttätig bestimmt.
13. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Lernspeicher für die Kenngrößen der Kurbelbewegung vorgesehen ist, der durch einen Eingabemode aktiviert werden kann und dann einen am Gerät ausgeführten Bewegungsablauf speichert, den das Gerät wiederholen kann.
14. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anschlußmöglichkeit für ein Muskelstimulationsgerät vorgesehen ist, wobei die Parameter der Stimulationskanäle in Abhängigkeit von den Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung bestimmt werden und wobei die durch Stimulation unterstützten Bewegungen des Patienten durch selbsttägiges Bremsen und/oder Anreiben der Kurbel einer gleichförmigen Drehbewegung angenähert werden.
15. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß Vorkehrungen getroffen sind, um bei Auftreten eines Spasms weitere Stimulationsimpulse zu unterbinden.
16. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 13,

10

15

20

25

30

35

40

45

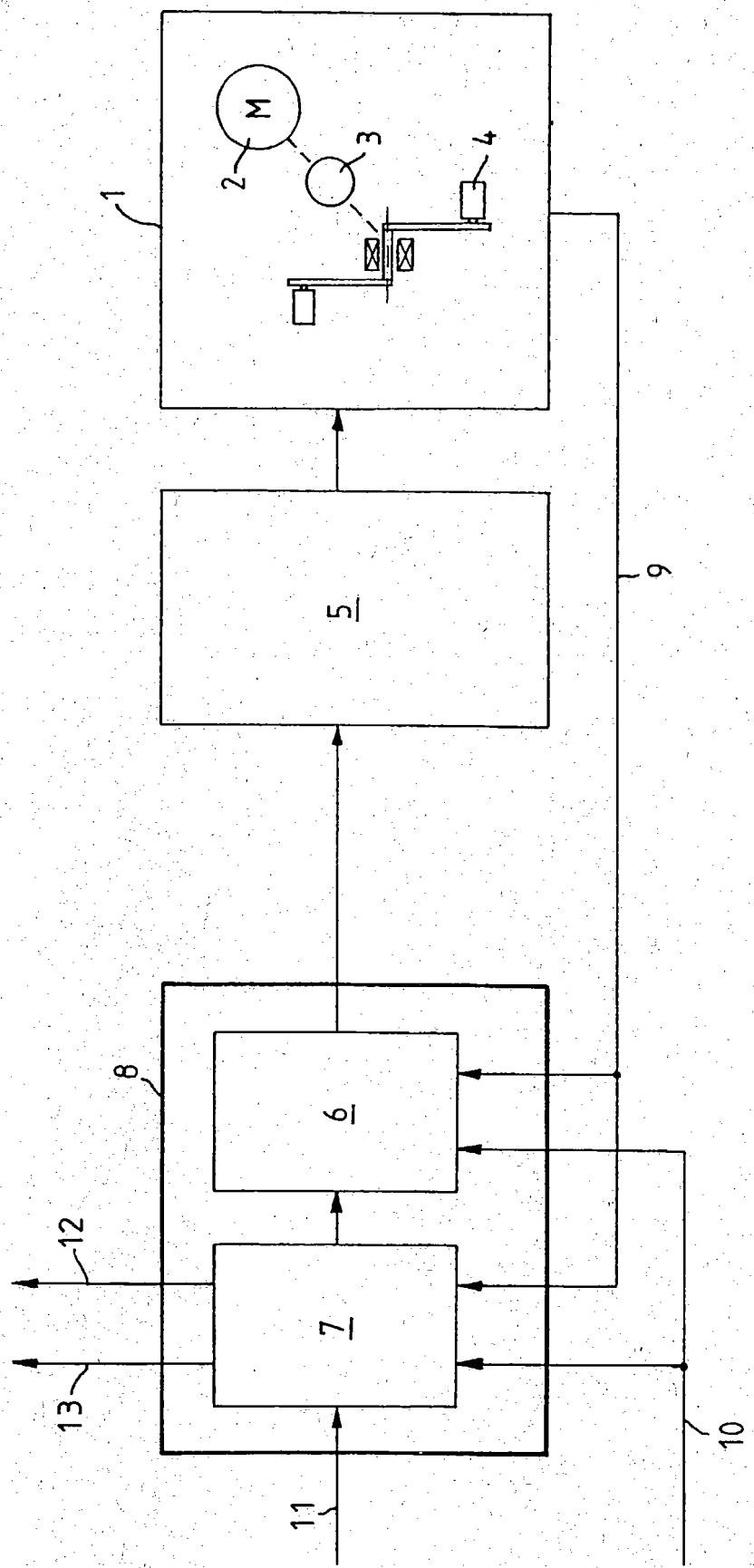
50

55

60

65

- Leerseite -



602 067/432